第22卷 第4期
1979年11月
昆虫学报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA
Vol. 22, No. 4
Nov., 1979

粘虫发生数量与降雨量及相对湿度的关系*

金 翠 霞**
（中国科学院动物研究所）

摘要 本文以实验室资料，阐明相对湿度对粘虫各虫态的成活、发育和繁殖的影响，从而证明，运用相对湿度或降雨量配合蛾量进行预测是可靠的。并根据对黄淮地区第一代粘虫发生程度与相对湿度、降雨量的关系的分析，提出了黄淮地区的阜阳、徐州、许昌、济宁四地春季第一代粘虫发生程度的预测公式。

粘虫（*Leucania separata* Walker）发生数量除与蛾量直接有关外，还受环境因素的影响，因此有些年份蛾量多，卵量不多，幼虫发生轻；或者蛾量、卵量均多，而幼虫发生不严重。例如，山东济宁地区1967年4月上、中旬蛾量为2033头，幼虫发生程度仅2级，而1963年同期蛾量仅1800头，幼虫发生程度却达4级；河南许昌地区1966年越冬代总蛾量为1891头，幼虫发生仅1级，而1957年同期蛾量461头，幼虫发生程度却达3级。由于影响粘虫发生数量的因素是很多的，仅以蛾量作为测报标准就欠准确。根据各地实践经验，认为在气候条件中，降雨量(特别是环境相对湿度)与粘虫发生程度的关系较密切。此外，不少地区反映，近年来粘虫严重发生的频率增加，例如：安徽阜阳地区，自1958—1973年的十六年中，大发生五次，其中三次发生在1970年以后，占大发生总次数的60%；江苏徐州地区粘虫发生也有“逐年加重之势”。这可能是因为耕作制度的改进及农业措施的发展影响了田间小气候，特别是引起相对湿度的改变有关。本文探讨粘虫大发生与水分的关系，并整理了实验室内有关粘虫与相对湿度的关系的资料，以黄淮地区为例，分析幼虫发生程度与降雨量、相对湿度的关系，提出预测公式，供有关地区参考。

一、环境湿度对粘虫成活及寿命的影响

环境湿度对卵的孵化率、幼虫、前蛹和蛹的成活率以及成虫的寿命均有一定作用。

1. 卵的孵化率 虽然在较高的相对湿度中，卵的孵化率亦较高，但两者相关不显著。方差分析结果，只有在32℃的20%相对湿度中，孵化率才明显下降（金翠霞等，1964），说明湿度对卵的孵化率作用并不明显。低湿的作用主要是影响孵化过程。例如在32℃的20%相对湿度条件下死亡的卵中，大部分胚胎已经完成发育，形成幼虫，其中有一部分幼虫已经咬破卵壳而不能脱离卵壳，说明由于低湿引起水分损失过多，致使小幼虫无力咬破并蜕出卵壳。

本文于1978年1月收到。
* 本项工作在马世骏教授指导下进行，整理过程中得到栗兴善同志及有关地区气象站的协助，在此一并致谢。
** 目前工作单位：江苏省农科院植保所。

2. 幼虫、前蛹和蛹的成活率　环境湿度对四龄以下幼虫、前蛹和蛹的成活影响十分明显，但对末龄幼虫的成活影响不大（图 1）。一、二、四龄幼虫、前蛹及蛹的成活率均随相对湿度的增加而提高，在 90% 以上相对湿度中，其成活率均在 90% 以上。成活率与相对湿度呈直线正相关（表 1），方差分析结果表明，二、四龄幼虫成活率在不同相对湿度中的差异也十分显著（表 2）。在低湿条件下，低龄幼虫活动力下降以致死亡，直接减少当代虫口密度。对前蛹和蛹等，低湿或直接引起死亡，或形成畸形蛹或羽化不正常，致使失去活动和繁殖能力。一般来说，老熟幼虫入土化蛹时，喜选择含水量为 15% 的土壤（其最大持水量为 28.63%），高于 17.5% 或低于 10.0% 含水量的土壤中，虫口分布明显下降（金翠霞等，1964），这种选择习性能维持土茧中一定的相对湿度，使前蛹和蛹不致因湿度过低而死亡。

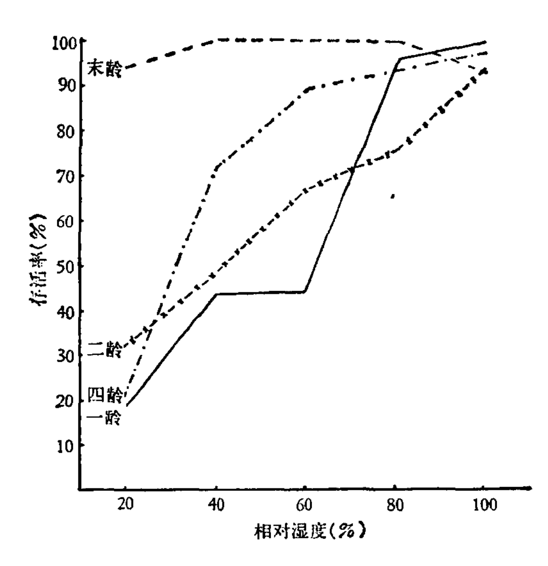


图 1　25℃ 时不同相对湿度中各龄幼虫的成活率

表 1　25℃ 中幼虫、前蛹和蛹的成活率与相对湿度的相关与廻归

虫	期	r 值	P 值	廻归方程
幼虫	一龄	0.960	$P<0.01$	$Y_1=1.111X_1-6.05$
	二龄	0.996	$P<0.01$	$Y_2=0.766X_2+17.52$
	四龄	0.880	$0.01<P<0.05$	$Y_4=0.882X_4+21.71$
	末龄	0.000	$P\gg0.05$	--
前蛹		0.972	$P<0.01$	$Y=0.895X+18.265$
蛹	♀	0.966	$P<0.01$	$Y_♀=1.325X_♀-25.03$
	♂	0.939	$0.01<P<0.05$	$Y_♂=1.306X_♂-24.04$

表 2　25℃ 不同相对湿度中幼虫成活率方差分析*

龄期	F 值	P 值	显著性
二	9.49	<0.01	极显著
四	17.51	<0.01	极显著
末	0.67	>0.05	不显著

* 将成活率换算成 $\sin^{-1}\sqrt{\text{成活率}\%}$后计算。

3. 成虫寿命　实验表明，在 80% 相对湿度中，雌、雄成虫寿命最长，60% 相对湿度中次之，相对湿度过高或过低均能使成虫寿命缩短（图 2）。方差分析结果，雌、雄成虫在不同相对湿度中的差异是显著的（表 3）。

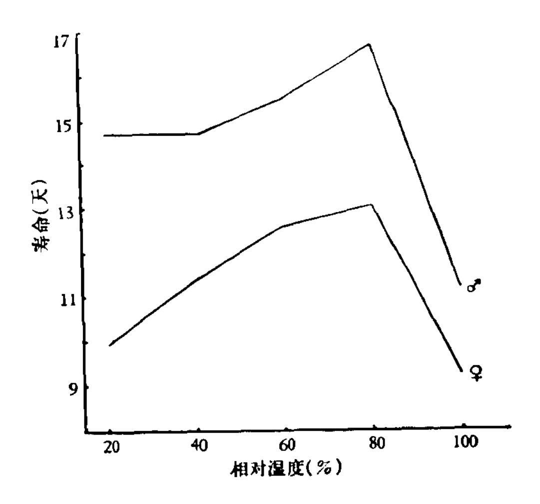


图 2 25℃ 时不同相对湿度中成虫的寿命

表 3 25℃ 不同相对湿度中成虫寿命方差分析

性 别	P 值	在 5% 水准处有显著差异的组数	在 5% 水准处有显著差异的组别
♀	0.01<P<0.05	3	80.60%—100%; 80%—20%
♂	P<0.01	1	80%—100%

二、环境湿度对粘虫发育的影响

环境相对湿度对卵和幼虫的发育有明显的影响，低湿明显地延缓卵和幼虫的发育，随相对湿度的提高，发育加快。相关测定表明：卵的发育速率与相对湿度呈明显的直线正相关。幼虫历期与相对湿度呈明显的直线负相关（表 4 与图 3）。此外，低湿还能增加幼

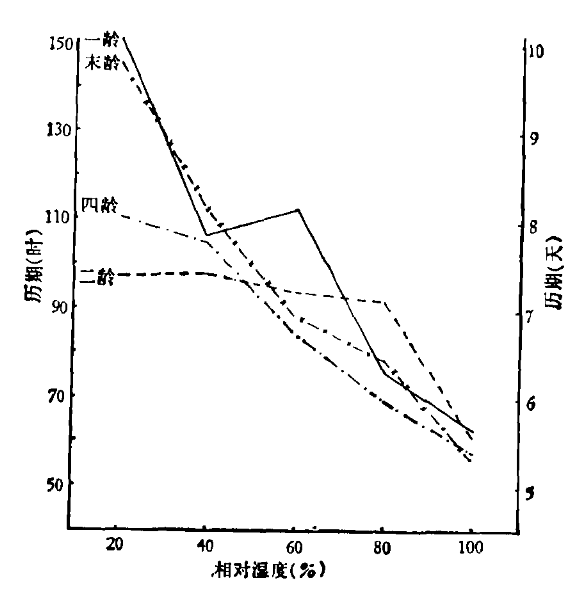


图 3 25℃ 时不同相对湿度中各龄幼虫的历期

虫的蜕皮次数，在 25℃、20% 相对湿度中，幼虫可达九个龄期，较正常情况下多三个龄期。但湿度对蛹的发育影响则不明显。

表 4　25℃ 中幼虫历期与相对湿度的相关测定及回归方程*

虫　龄	r　值	P　值	回　归　方　程
一	−0.925	$0.01<P<0.05$	$Y_1=171.689-1.2975X_1$
二	−0.898	$0.01<P<0.05$	$Y_2=118.3208-0.5552X_2$
四	−0.968	$P<0.01$	$Y_4=133.4934-0.8921X_4$
末	−0.953	$P<0.01$	$Y_{末}=10.891-0.0665X_{末}$

* 一、二、四龄幼虫历期按小时计算，末龄幼虫历期按天计算。

三、环境湿度对粘虫繁殖的影响

在黄淮地区，越冬代粘虫繁殖期往往正是春旱严重的季节，因此，环境湿度对繁殖的影响，在该地区显得更为突出。实验观察表明，环境湿度不仅影响成虫的寿命，而且对产卵历期、单对产卵率及实际繁殖力(单对产卵率×所产卵的孵化率)都有明显的影响，也在一定程度上影响所产卵的孵化率(图 4—7)。在 80%相对湿度中，成虫的寿命和产卵历期

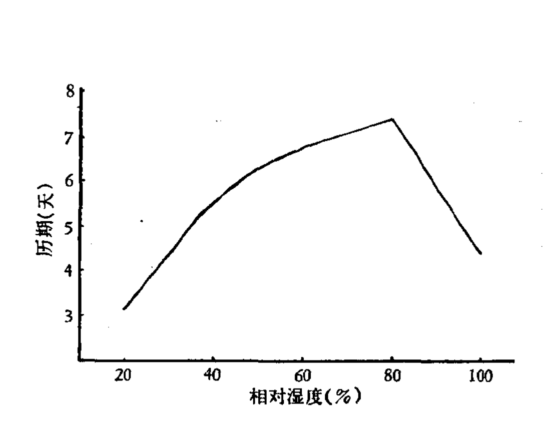


图 4　25℃ 时不同相对湿度中成虫的产卵历期

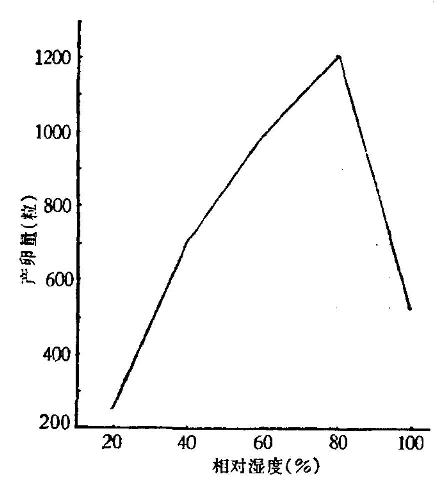


图 5　25℃ 时不同相对湿度中成虫的单对产卵量

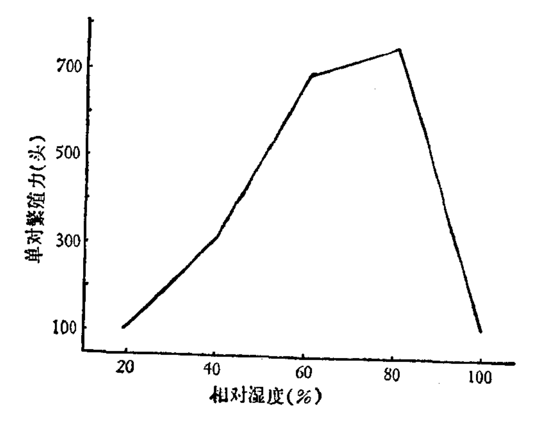


图 6　25℃ 时不同相对湿度中成虫的实际繁殖力

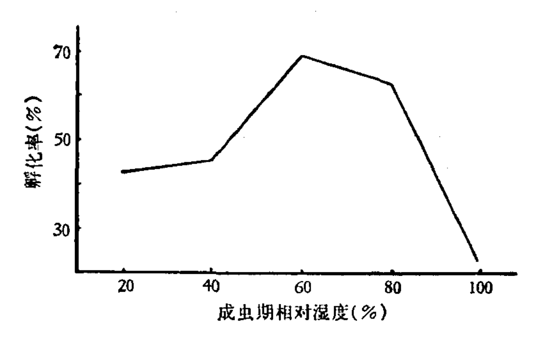


图 7　25℃ 时不同相对湿度处理成虫，所产之卵在 80% 相对湿度中的孵化率

最长,平均为:雌虫寿命 13.07 天,雄虫寿命 16.68 天,产卵历期 7.20 天;产卵量和实际繁殖力也最高,单对平均分别达 1251 粒和 836.0 头;60% 相对湿度中次之;在 20% 相对湿度中,平均产卵历期仅 2.80 天,平均单对产卵量和实际繁殖力分别为 275 粒和 144.0 头。统计分析结果,除所产卵的孵化率外,其余各项指标在不同相对湿度中的差异是显著的(表 3 和表 5),说明在 25℃中,80% 左右的相对湿度是成虫的最适宜湿度。另一方面,成

表 5 25℃ 不同相对湿度处理成虫结果方差分析

项 目	P 值	在 5% 水准处有显著差异的组数	在 5% 水准处有显著差异的组别
产卵历期	<0.01	9	20,40,100%—80,60%;20,100%—40%;20%—100%
产卵量	<0.01	6	40,60,80%—20%;60,80%—100%;40%—80%
所产卵的孵化率*	>0.05	1	100%—60%
实际繁殖力	<0.01	8	40,60,80%—20,80%;60,80%—40%

* 换算成 $\sin^{-1}\sqrt{\text{孵化率}\%}$ 后计算。

虫寿命、产卵历期、单对产卵率及实际繁殖力对湿度的反应趋势是一致的,它们之间的相关也是显著的(表 6),说明湿度对成虫繁殖能力的影响是各指标综合影响的结果。

表 6 25℃ 五组相对湿度中,成虫寿命、产卵历期、产卵量及实际繁殖力之间的相关

相关因子	r 值	P 值
寿命与产卵历期	0.9795	P<0.01
寿命与产卵量	0.9828	P<0.01
寿命与实际繁殖力	0.9047	0.01<P<0.05
产卵历期与实际繁殖力	0.9671	P<0.01
产卵历期与产卵量	0.9669	P<0.01
产卵量与实际繁殖力	0.9651	P<0.01

四、在预测预报上的应用

根据以上结果,加之环境湿度与同期降雨量关系极为密切(表 7),因此,利用早春第一代粘虫孵化盛期至 1—2 龄幼虫期的环境相对湿度、降雨量和蛾量来分析黄淮地区第一代粘虫的发生程度,并提出预测式是有根据的。

表 7 降雨量与环境相对湿度的相关

地区	时间	r 值	P 值
阜阳	60—68,70—73 年 4 月中旬	0.7838	P <0.01
许昌	57—73 年 4 月上、中旬	0.6860	P <0.01
徐州	57—74 年 4 月下旬	0.7085	P <0.01
济宁	61—68,71—73 年 4 月中旬	0.8545	P <0.01

在黄淮地区,自南至北,选择了安徽阜阳、河南许昌、江苏徐州及山东济宁四个地区进行分析。当地第一代粘虫幼虫按发生程度分为四级(表 8)。结果表明(表 9),除徐州外,蛾量与幼虫发生等级之间的单相关极显著,而降雨量及相对湿度与幼虫发生等级之间的

表 8　幼虫发生程度分级标准

级别	1	2	3	4
标准	发生轻，基本上不防治或个别地块防治	部分地块需要防治	发生较重，大部分地块需要防治	发生严重，需要普遍防治

表 9　蛾量、孵化盛期至 1—2 龄幼虫期降雨量、相对湿度与幼虫发生等级的单相关

地区	阜阳			许昌			徐州			济宁		
年份	1960—1968 年 1970—1973 年			1957—1973 年			1957—1974 年			1962—1969 年 1971—1972 年		
相关因子	3 月下旬、4 月上旬蛾量 与 幼虫等级	4 月中旬降雨量 与 幼虫等级	4 月中旬相对湿度 与 幼虫等级	越冬代总蛾量 与 幼虫等级	4月上、中旬降雨量 与 幼虫等级	4月上、中旬相对湿度 与 幼虫等级	4月上、中旬蛾量 与 幼虫等级	4 月下旬降雨量 与 幼虫等级	4 月下旬相对湿度 与 幼虫等级	4月上、中旬蛾量 与 幼虫等级	4 月中旬降雨量 与 幼虫等级	4 月中旬相对湿度 与 幼虫等级
r 值	0.7078	−0.0806	−0.0643	0.8474	0.0549	0.0561	0.3850	0.1993	0.3231	0.7777	0.2737	0.3797
P 值	<0.01	>0.05	>0.05	<0.01	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	<0.01	>0.05	>0.05

相关均不显著。由于影响幼虫发生程度的因子是多种多样的，就降雨而言，还存在降雨量、降雨持续时间及降雨强度等差异，而且同一因子在不同地区所表现的相关性亦不一致，因此，单独运用某一因子来作预测，容易出现较大的误差，例如：徐州地区 1963 年 4 月上、中旬蛾量为 1874 头，超过 1957、1958、1964 和 1973 年同期的蛾量，而 1963 年幼虫发生程度为 2 级，较上述各年发生轻。因此，在预测发生程度时，应该充分考虑各种因子的作用，同时为了预测时计算简便，要抓住几个主要因子，为此，我们采用蛾量、孵化盛期至 1—2 龄幼虫期的降雨量与幼虫发生等级，以及蛾量、孵化盛期至 1—2 龄幼虫期的相对湿度与幼虫发生等级，分别作偏相关分析，并推算出迴归公式(表10—11)，结果看到，除徐州地区蛾量、降雨量和幼虫等级之间的相关不显著外，其余各组均极为显著，表明当维持一定蛾量时，降雨量或相对湿度与幼虫发生程度间的关系甚为密切，因此，运用上述因子作为预测发生程度的主要因子是适宜的，而用相对湿度和蛾量作预测，比用降雨量和蛾量作预测更恰当一些，因为降雨量、蛾量与幼虫发生程度的关系虽然密切，但在所指定的时间内，若遇暴雨，由于雨量过大，造成幼虫(特别是幼龄幼虫)机械损伤或发病死亡，导致降低虫口密度。例如：许昌 1964 年早春蛾量较多，但 4 月上、中旬雨量过大，达 228.5 毫米，幼虫发生程度仅为 2 级。说明若用降雨量作预测时，必须考虑大雨和暴雨的作用，若用相对湿度来预测，则不存在这个问题。

影响粘虫发生程度的因素虽多，但必有主次之分，在分析蛾量、相对湿度和降雨量作用的主次时，通过标准迴归系数的分析，发现绝大部分组别蛾量作用大于降雨量或相对湿度的作用，只有阜阳地区降雨量比蛾量作用大是个例外，这不仅又一次说明用相对湿度比用降雨量作预测指标更恰当，而且也说明在粘虫发生过程中，蛾量是个主导因子，是数量基础，否则即使环境条件很合适，也不可能大发生。

表 10 蛾量、降雨量与幼虫发生等级的偏相关及回归式

地区		阜阳	许昌	徐州	济宁
年份		1960—1968，1970—1973 年	1957—1973 年	1957—1974 年	1962—1969 年，1971—1972 年
相关因子	Y	幼虫等级	幼虫等级	幼虫等级	幼虫等级
	X_1	4 月中旬降雨量	4 月上、中旬降雨量	4 月下旬降雨量	4 月中旬降雨量
	X_2	3 月下旬、4 月上旬蛾量	越冬代总蛾量	4 月上、中旬蛾量	4 月上、中旬蛾量
$r_{yx_1 \cdot x_2}$		0.4339	0.1663	0.4561	0.6383
回归显著性测定		$F>F_{2.10}^{0.01}$	$F>F_{2.14}^{0.01}$	$F_{2.15}^{0.05}>F>F_{2.15}^{0.10}$	$F>F_{2.7}^{0.01}$
回归公式(预测公式)		$Y=0.6932+0.0172X_1+0.000904X_2$	$Y=1.3769+0.00046X_1+0.00042X_2$	$Y=0.4670+0.0164X_1+0.00068X_2$	$Y=0.2514+0.0539X_1+0.000972X_2$
标准回归系数	b'_{x_1}	3.5326	0.0214	0.4722	0.6637
	b'_{x_2}	0.8802	0.8461	0.6047	0.8515

表 11 蛾量、相对湿度与幼虫发生等级的偏相关及回归式

地区		阜阳	许昌	徐州	济宁
年份		1960—1968，1970—1973 年	1957—1973 年	1957—1974 年	1962—1969，1971—1972 年
相关因子	Y	幼虫等级	幼虫等级	幼虫等级	幼虫等级
	X_1	4 月中旬相对湿度	4 月上、中旬相对湿度	4 月下旬相对湿度	4 月中旬相对湿度
	X_2	3 月下旬、4 月上旬蛾量	越冬代总蛾量	4 月上、中旬蛾量	4 月上、中旬蛾量
$r_{yx_1 \cdot x_2}$		0.0685	0.7226	0.6569	0.7352
回归显著性测定		$F_{2.10}^{0.01}>F>F_{2.10}^{0.05}$	$F>F_{2.14}^{0.01}$	$F>F_{2.15}^{0.01}$	$F>F_{2.7}^{0.01}$
回归公式(预测公式)		$Y=0.6761+0.0078X_1+0.00074X_2$	$Y=1.2097+0.0030X_1+0.00041X_2$	$Y=0.0775X_1+0.00084X_2-4.8139$	$Y=0.0406X_1+0.000955X_2-1.7920$
标准回归系数	b'_{x_1}	0.0591	0.0024	0.7066	0.4642
	b'_{x_2}	0.7205	0.8779	0.7465	0.8213

五、讨　论

1. 由于各地区地理、气候、作物及粘虫发生规律等均具有特殊性，因此，预测公式也有一定的地区性限制，不能将某一地区的预测公式直接应用于其它地区，而必须根据本地资料来推算预测式。例如：上述四个地区的预测式本身就不同，若调换使用，就会出现错误；又如广东省农科院根据该省各地资料，认为降雨量与粘虫发生量并非呈直线关系，而云南省则认为，在昭通、丽江等地，在粘虫发蛾高峰后 7—15 天内，若雨量大，雨日多，则粘虫危害轻，反之则重。这些现象似乎与本文所讨论之黄淮地区恰恰相反，分析原因，可能与我国南方雨水丰富，湿度较高有关，因此雨量大反而不利于粘虫的发生。在黄淮地区，一般年份春季干旱突出，降雨多，提高了环境湿度，有利于粘虫发生。但也应有一定的有效降雨界限，如许昌 1964 年 4 月上、中旬雨量过大即抑制了粘虫的发生。以上情况说明，降雨量与幼虫发生程度的关系是有一定限度的。必须根据当地资料推算预测公式。

2. 降雨对粘虫的作用，除引起机械损伤等外，主要是通过环境湿度条件的改变来影响粘虫。相对湿度与降雨量的相关虽很显著，但引起环境湿度变化的因素是复杂的，除降雨外，尚有温度、气流、灌溉等的作用，特别是近年来农田水利建设迅速发展，环境湿度的变化更不是完全依赖于降雨的作用。因此，用相对湿度和蛾量进行预测，比用降雨量和蛾量进行预测更为恰当。

3. 低湿引起粘虫死亡的原因，根据对蛹的观察表明，在 25℃ 条件下，粘虫蛹体干物质的损失与相对湿度相关不显著（$r_{♂}=0.75$，$r_{♀}=0.61$，P 值均大于 0.05），而水分损失与相对湿度呈明显的负相关（$P<0.05$），不同相对湿度中，蛹体重量损失的差异主要系水分损失不同所造成，因此认为，低湿的主要作用在于使机体水分损失过多，从而造成死亡或降低繁殖力。

4. 田间粘虫发生程度是受多种因素影响的，而且各种因素之间还存在相互促进和相互制约的作用，在作预测时，除抓住几个主要的因素外，对另外一些因素也应作适当的分析。

在一般年份，早春由外地迁入的成虫，其卵巢发育级别均较低，但也有个别年份，迁入的成虫卵巢发育级别较高，卵已部分产下，抱卵量减少，影响成虫产卵量，减轻第一代幼虫的发生程度，例如：山东济宁地区，1973 年 4 月上、中旬蛾量为 2452 头，降雨量和相对湿度也合适，按公式预测，当年发生程度应为 3.1—3.6 级，而实际发生仅为 2 级，据济宁农技推广站分析，是由于发蛾盛期的雌蛾卵巢发育级别较高，抱卵量减少之故。

此外，影响粘虫发生程度的因素还有早春温度、成虫性比、耕作制度、作物布局、天敌、蜜源植物等等。本文只分析了蛾量、相对湿度和降雨量作为预测指标的相互关系，仅供参考试用，希望在实践中共同改进预测方法。

参　考　文　献

金翠霞、何忠　1964　粘虫（*Leucania separata* Walker）化蛹对不同含水量土壤的选择。昆虫知识 **8**(2)：74—5。
金翠霞、何忠、马世骏　1964　粘虫的发育和成活与环境湿度的关系 I. 卵和一龄幼虫。昆虫学报 **13**(6)：835—43。
金翠霞、何忠、马世骏　1965　粘虫（*Leucania separata* Walker）的发育和成活与环境湿度的关系 II. 前蛹和蛹。昆虫学报 **14**(3)：239—48。

THE RELATIONS OF POPULATION DYNAMICS OF THE ARMYWORM *Leucania separata* Walker TO RELATIVE HUMIDITY AND RAINFALL

CHIN TSAI-SHIA
(*Institute of Zoology, Academia Sinica*)

The present work deals with the relations between relative humidity and some life processes of the armyworm *Leucania separata* Walker, including the development and survival of the immature stages and the survival and reproducton of the adults. The comparison and statistical analysis of data from laboratory experiments and field investigations show that relative humidity or rainfall combined with the initial numbers of moths can be used to predict the general trends of population dynamics of the armyworm in a definite geographical region. Based on the data of the first generation armyworms in areas from the Yellow River to the Huai River regression formulae are proposed for the prognosis of the population dynamics of the armyworm in the regions of Fuyang, Xuchang, Xuzhou and Jining.